

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SŁANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-056112

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl.

G02B 5/18
H01S 3/00

(21)Application number : 10-218934

(71)Applicant : JAPAN SCIENCE &
TECHNOLOGY CORP

(22)Date of filing : 03.08.1998

(72)Inventor : ITO KAZUYOSHI

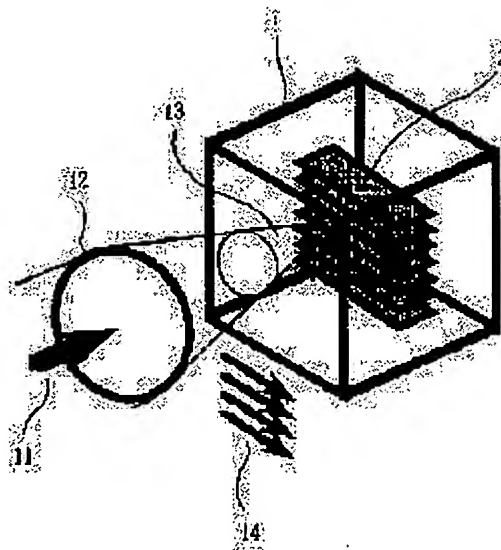
(54) THREE-DIMENSIONAL DIFFRACTION OPTICAL DEVICE AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a three-dimensional diffraction optical device capable of producing a diffraction optical device having high performance in optical glass by three-dimensionally distributing a permanent refractive index variation.

SOLUTION: A three-dimensional diffraction grating 2 as a three-dimensional refractive index distribution 13 to be written in optical glass 1 is generated by using a permanent refractive index variation or an optical damage caused by multiphoton absorption of an ultrashort pulse laser beam 11 having a pulse width of 1 nanosecond-1-femto-second and a wave length of 200 nm-2000 nm to the optical glass 1. By this method, the permanent refractive index variation is three-

dimensionally distributed and a high performance diffractive optical element is produced in the optical glass. And the three-dimensional refractive index distribution can be generated, and by this degree of freedom e.g. an optionally shaped three-dimensional Bragg diffraction grating is designed by a computer and produced. furthermore and a symmetrical diffraction phenomenon and high diffractive efficiency being characteristics of a heaped type of diffraction grating are obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

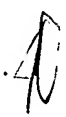
[Claim(s)]

[Claim 1] The three-dimension-diffraction optical element characterized by having the-like 3-dimensional distribution [refractive-index] written in into the aforementioned optical glass using the permanent refractive-index change by the multiple photon absorption of a 2000nm ultrashort-pulse laser beam, or an optical injury from the wavelength with the pulse width of 1 nanosecond to the 1 femto second to optical glass of 200nm.

[Claim 2] It is the three-dimension-diffraction optical element characterized by the aforementioned optical glass being a silica glass in a three-dimension-diffraction optical element according to claim 1.

[Claim 3] The three-dimension-diffraction optical element which the aforementioned silica glass is made to contain hydrogen gas, and is characterized by the bird clapper in a three-dimension-diffraction optical element according to claim 1.

[Claim 4] It is the three-dimension-diffraction optical element characterized by the aforementioned optical glass being a soda glass of breakage-proof nature in a three-dimension-diffraction optical element according to claim 1.

[Claim 5] It is the three-dimension-diffraction optical element characterized by the aforementioned optical glass being optical plastics in a three-dimension-diffraction optical element according to claim 1. 

[Claim 6] It is the three-dimension-diffraction optical element characterized by aforementioned optical plus CHISSU being an acrylic in a three-dimension-diffraction optical element according to claim 5.

[Claim 7] (a) The manufacture method of the three-dimension-diffraction optical element characterized by making the-like 3-dimensional distribution [refractive-index] which irradiate a 2000nm ultrashort-pulse laser beam from the wavelength of 200nm which has the pulse width of a 1 femto second in optical glass from 1 nanosecond, and the (b) aforementioned optical glass is made to produce the permanent refractive-index change by the multiple photon absorption of the aforementioned ultrashort-pulse laser beam, or an optical injury, and is written in into the (c) aforementioned optical glass generate.

[Claim 8] The manufacture method of the three-dimension-diffraction optical element characterized by making the-like 3-dimensional distribution [refractive-index] in which the aforementioned ultrashort-pulse laser beam is written by scan into the aforementioned optical glass generate in the manufacture method of a three-dimension-diffraction optical element according to claim 7.

[Claim 9] The manufacture method of a three-dimension-diffraction optical element that the aforementioned-like 3-dimensional distribution [refractive-index] is characterized by being a Bragg diffraction grid in the manufacture method of a three-dimension-diffraction optical element according to claim 7.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to a three-dimension-diffraction optical element and its manufacture method, especially relates to the three-dimension-diffraction optical element and its manufacture method in the glass by ultrashort-pulse laser beam processing.

[0002]

[Description of the Prior Art] Use of the diffraction optical element which can obtain arbitrary amplitude or intensity distributions is going to diffracting space by having by the computer and drawing an amplitude or a phase object pattern on a two-dimensional flat surface now. This diffraction optical element has the versatility which is not in an old optical element, and is applied in the various directions, such as pickup optical system of CD.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, for such a conventional diffraction optical element, since all are developed on the two-dimensional flat surface or the curved surface, the flexibility is a low. Moreover, amendment of chromatic aberration cannot be performed. Furthermore, diffraction efficiency is a low. Moreover, there was a problem that the signal path which connects a specific point and a specific point could not be constituted etc.

[0004] And since processing of these diffraction optical element is restricted on the flat surface or the curve, a limitation is in the performance naturally. It is impossible to remove at least the wavelength dependency of the diffraction optical element written on one flat surface. In the case of a diffraction optical element with this point and three-dimension-structure, it is easy to attain 100% of diffraction efficiency. Furthermore, an optical element with little various aberration containing chromatic aberration is producible using the flexibility of 3-dimensional one.

[0005] Although spatial concentration of electromagnetic energy is the foundations of optical processing, it uses a ultrashort-pulse laser beam etc. for the light source, and the use of a nonlinear effect of it is attained by spatial time concentration of power density. Moreover, the example of the writing of the bit of optical memory or the writing of a straight-line waveguide is already reported using the permanent refractive-index change by irradiation of the super-** laser pulsed light to the inside of optical glass (laser research, volume [26th] No. 2, optical induction refractive-index change" inside the glass by P.150-154"ultrashort-pulse laser, February, 1998).

[0006] this invention develops such advanced technology, distributes permanent refractive-index change in three dimensions, and aims at offering the three-dimension-diffraction optical element which can produce the diffraction optical element which has high performance in optical glass, and its manufacture method.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, it is made for this invention to have the-like 3-dimensional distribution [refractive-index] written in into the aforementioned optical glass in [1] three-dimension-diffraction optical element using the permanent

refractive-index change by the multiple photon absorption of a 2000nm ultrashort-pulse laser beam, or an optical injury from the wavelength with the pulse width of 1 nanosecond to the 1femto second to optical glass of 200nm.

[0008] [2] In the three-dimension-diffraction optical element of the above-mentioned [1] publication, the aforementioned optical glass is a silica glass.

[3] Make the aforementioned silica glass come to contain hydrogen gas in the three-dimension-diffraction optical element of the above-mentioned [1] publication.

[4] In the three-dimension-diffraction optical element of the above-mentioned [1] publication, the aforementioned optical glass is a soda glass of breakage-proof nature.

[0009] [5] In the three-dimension-diffraction optical element of the above-mentioned [1] publication, the aforementioned optical glass is optical plastics.

[6] In the three-dimension-diffraction optical element of the above-mentioned [5] publication, the aforementioned optical plastics are acrylics.

[7] Irradiate a 2000nm ultrashort-pulse laser beam from the wavelength of 200nm which has the pulse width of a 1 femto second in optical glass from 1 nanosecond, make the aforementioned optical glass produce the permanent refractive-index change by the multiple photon absorption of the aforementioned ultrashort-pulse laser beam, or an optical injury, and make it make the-like 3-dimensional distribution [refractive-index] written in into the aforementioned optical glass generate in the manufacture method of a three-dimension-diffraction optical element.

[0010] [8] Make it make the-like 3-dimensional distribution [refractive-index] in which the aforementioned ultrashort-pulse laser beam is written by scan into the aforementioned optical glass generate in the manufacture method of the three-dimension-diffraction optical element the above-mentioned [7] publication.

[9] In the manufacture method of the three-dimension-diffraction optical element the above-mentioned [7] publication, the aforementioned-like 3-dimensional distribution [refractive-index] is a Bragg diffraction grid.

[0011]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained. this invention has the pulse width of 1 nano or a 1femto second, condenses the wavelength of 200nm, or a 2000nm ultrashort-pulse laser beam in transparent optical glass, such as optical plastics, such as a silica glass, a soda glass, and an acrylic, and produces diffraction optical elements over which the refractive index is distributed in three dimensions, such as a Bragg diffraction grid, in optical glass by generating the change or the optical injury on a permanent refractive index by the multiple photon absorption.

[0012] Drawing 1 is the ** type view showing the manufacture method of the three-dimension-diffraction optical element concerning this invention. In this drawing, it is the 3-dimensional diffraction grating as a-like 3-dimensional distribution [refractive-index] with which 1 is written in the optical glass as bulk, and 2 is written in into the optical glass. It has the pulse width of 1 nano or a 1 femto second, the wavelength of 200nm or the 2000nm ultrashort-pulse laser beam 11 is irradiated through a condenser lens 12 at optical glass 1, and the-like 3-dimensional distribution [refractive-index] 13 written in into optical glass 1 is made to generate here using the permanent refractive-index change or the optical injury by the multiple photon absorption on this ultrashort-pulse laser beam 11. In addition, in drawing 1 , 14 shows the raster scan of a beam (lens).

[0013] [Example 1] The titanium sapphire laser pulse by which the wavelength of 800nm, 0.1 picoseconds, and the 1mm joule were amplified in the silica glass was condensed, and the regular Bragg diffraction grid with 1mm of every direction, a period [of 3 micron], and a depth of about 30 microns was produced by scanning a condensing point.

[0014] In this example, although the scan of the depth direction was not performed, if it scans in the depth direction, manufacture of a more thick 3-dimensional diffraction grating will be attained. Moreover, if a curve-scan is performed, it is also possible to add the function of a lens. Thus, as shown in drawing 2 , when the 3rd order-diffraction grating 2 of the produced three-dimension-diffraction optical element was irradiated by the helium-Ne laser beam 21, the unsymmetrical diffraction

phenomena which are the features of a volume type diffraction grating were able to be checked. In addition, in drawing 2, 22 is the diffracted light and 23 is the non-diffracted light.

[0015] Still, diffraction efficiency is low, and although the present place is several %, it is theoretically possible to attain 100% of diffraction efficiency by optimization of laser beam intensity, write-in conditions, and the method of a scan. Thus, according to this example, the unsymmetrical diffraction development which is the feature of a volume type diffraction grating, and high diffraction efficiency can be obtained.

[0016] Although diffraction efficiency is several %, the present place can attain 100% of diffraction efficiency by some devices, as already stated. In addition, improvement in the write-in sensitivity of a super-^{**} laser beam can be aimed at by making hydrogen gas contain in a silica glass.

[Example 2] As optical glass, also in a scholarly journal report etc., the example which writes in many spots of the diameter of number MIKUROMU is shown, and, in the case of the sorter glass of breakage-proof nature, application to it is also considered.

[0017] [Example 3] As optical glass, also in the society report of the 1970s, the example of the writing of a waveguide and a volume type diffraction grating is shown, and, in the case of optical plastics, such as an acrylic, application to it is also considered. according to [as described above] the manufacture method of this three-dimension-diffraction optical element -- a-like 3-dimensional distribution [refractive-index] -- ***** -- production of the 3-dimensional Bragg diffraction grid of the arbitrary configuration which things were made and was designed by the computer with this flexibility is possible If it puts in another way, with the diffraction element of this invention using 3-dimensional space, this flexibility has the flexibility of the 3-dimensional space itself. The flexibility of the point and a lens is restricted to a surface curved surface, i.e., the spherical surface.

[0018] In an optical-instrument field, application of latus enclosures, such as an interferometer and a living body light metering device, is possible for the three-dimension-diffraction optical element of this invention in an optical-transmission swap device, wavelength-multiplex-optical-telecommunications equipment, and an optical measurement field in a general chemistry device, image formation equipment (camera), and an optical-communication field. Moreover, the combination of the three-dimension-diffraction optical element of this invention and a lens is also considered, and many uses can be considered. For example, it is also possible to write in a 3-dimensional diffraction grating into the conventional lens, for example, it can use for focus detection and a photometry of a photographic lens. Furthermore, it can also be made a double focus.

[0019] Moreover, the application to security and a code can be considered as the directions. For example, it is possible to be a 3-dimensional hologram and to write ID (personal identification number) etc. in the portion of small glass etc. Since information capacity turns into large capacity, various application is possible. In addition, this invention is not limited to the above-mentioned example, and based on the meaning of this invention, various deformation is possible for it and it does not eliminate these from the range of this invention.

[0020]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, the following effects can be done so as explained in detail.

(A) Permanent refractive-index change can be distributed in three dimensions, and the diffraction optical element which has high performance can be produced in optical glass.

[0021] (B) a-like 3-dimensional distribution [refractive-index] -- ***** -- production of the 3-dimensional Bragg diffraction grid of the arbitrary configuration which things were made and was designed by the computer with this flexibility is possible

(C) The unsymmetrical diffraction development which is the feature of a deposited type diffraction grating, and high diffraction efficiency can be obtained.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-56112

(P2000-56112A)

(43)公開日 平成12年2月25日(2000.2.25)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 5/18

G 0 2 B 5/18

2 H 0 4 9

H 0 1 S 3/00

H 0 1 S 3/00

B 5 F 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 4 頁)

(21)出願番号

特願平10-218934

(22)出願日

平成10年8月3日(1998.8.3)

(71)出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72)発明者 伊東 一良

兵庫県川西市花屋敷1-27-16

(74)代理人 100089635

弁理士 清水 守

Fターム(参考) 2H049 AA02 AA12 AA33 AA43 AA45

AA53 AA57

5F072 AA01 AB20 KK30 MM18 RR10

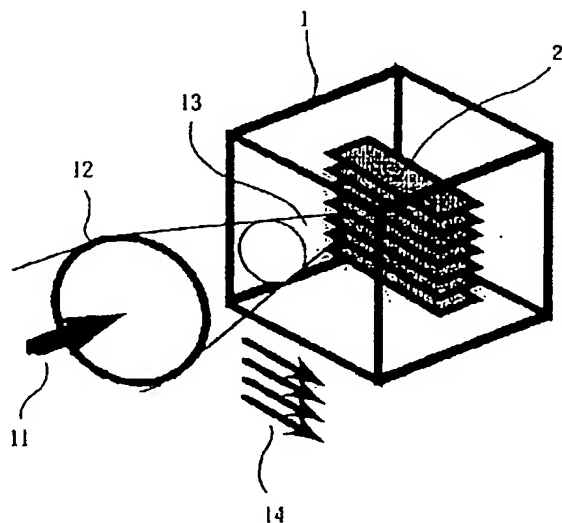
YY20

(54)【発明の名称】 3次元的回折光学素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 永続的屈折率変化を3次元的に分布させ、高性能を有する回折光学素子を光学ガラス中に作製することができる3次元的回折光学素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 光学ガラス1への1ナノ秒から1フェムト秒のパルス幅を持つ、波長200nmから2000nmの超短パルスレーザー光11の多光子吸収による永続的屈折率変化または光学損傷を利用して、前記光学ガラス1中に書き込まれる、3次元的な屈折率分布13としての3次元回折格子2を生成させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光学ガラスへの 1 ナノ秒から 1 フェムト秒のパルス幅を持つ、波長 200 nm から 2000 nm の超短パルスレーザー光の多光子吸収による永続的屈折率変化または光学損傷を利用して、前記光学ガラス中に書き込まれる、3 次元的な屈折率分布を有することを特徴とする 3 次元的回折光学素子。

【請求項 2】 請求項 1 記載の 3 次元的回折光学素子において、前記光学ガラスは、シリカガラスであることを特徴とする 3 次元的回折光学素子。

【請求項 3】 請求項 1 記載の 3 次元的回折光学素子において、前記シリカガラスに水素ガスを含有させてなることを特徴とする 3 次元的回折光学素子。

【請求項 4】 請求項 1 記載の 3 次元的回折光学素子において、前記光学ガラスは、耐破損性のソーダガラスであることを特徴とする 3 次元的回折光学素子。

【請求項 5】 請求項 1 記載の 3 次元的回折光学素子において、前記光学ガラスは、光学プラスチックであることを特徴とする 3 次元的回折光学素子。

【請求項 6】 請求項 5 記載の 3 次元的回折光学素子において、前記光学プラスチックはアクリルであることを特徴とする 3 次元的回折光学素子。

【請求項 7】 (a) 光学ガラスに、1 ナノ秒から 1 フェムト秒のパルス幅を持つ、波長 200 nm から 2000 nm の超短パルスレーザー光を照射し、(b) 前記光学ガラスに前記超短パルスレーザー光の多光子吸収による永続的屈折率変化または光学損傷を生じさせ、(c) 前記光学ガラス中に書き込まれる、3 次元的な屈折率分布を生成させることを特徴とする 3 次元的回折光学素子の製造方法。

【請求項 8】 請求項 7 記載の 3 次元的回折光学素子の製造方法において、前記超短パルスレーザー光を走査により、前記光学ガラス中に書き込まれる、3 次元的な屈折率分布を生成させることを特徴とする 3 次元的回折光学素子の製造方法。

【請求項 9】 請求項 7 記載の 3 次元的回折光学素子の製造方法において、前記 3 次元的な屈折率分布が、ブラッグ回折格子であることを特徴とする 3 次元的回折光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、3 次元的回折光学素子及びその製造方法に係り、特に超短パルスレーザー光加工によるガラス中の 3 次元的回折光学素子及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在、計算機でもって、2 次元平面上に振幅または位相物パターンを描くことにより、回折場に任意の振幅または強度分布を得ることができる回折光学素子の利用が進んでいる。この回折光学素子は、今まで

の光学素子にない多様性を有しており、CD のピックアップ光学系など様々な方面に応用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、そのような従来の回折光学素子は、全てが 2 次元平面または曲面上に展開されているため、その自由度が低い。また、色収差の補正ができない。さらに、回折効率が低い。また、特定の点と点をつなぐ信号経路を構成することができないなどといった問題があった。

10 【0004】そして、これら回折光学素子の加工は、平面または曲線上に限られているために、自ずとその性能に限界がある。少なくとも、一つの平面上に書かれた回折光学素子の波長依存性を取り除くことは不可能である。この点、3 次元的構造を持つ回折光学素子の場合、回折効率 100% を達成することは容易である。更に、3 次元の自由度を利用して、色収差を含む様々な収差の少ない光学素子を作製することができる。

20 【0005】電磁エネルギーの空間的な集中は、光加工の基本であるが、光源に超短パルスレーザー光などを用い、パワー密度の時間的・空間的な集中によって、非線形効果の利用が可能となる。また、光学ガラス中への超短パルスレーザー光の照射による永続的屈折率変化を利用して、光メモリのビットの書き込みや直線導波路の書き込みの例がすでに報告されている（レーザー研究、第 26 巻第 2 号、P. 150～154『超短パルスレーザーによるガラス内部の光誘起屈折率変化』、1998 年 2 月）。

30 【0006】本発明は、このような先行技術を発展させ、永続的屈折率変化を 3 次元的に分布させ、高性能を有する回折光学素子を光学ガラス中に作製することができる 3 次元的回折光学素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、

40 【1】3 次元的回折光学素子において、光学ガラスへの 1 ナノ秒から 1 フェムト秒のパルス幅を持つ、波長 200 nm から 2000 nm の超短パルスレーザー光の多光子吸収による永続的屈折率変化または光学損傷を利用して、前記光学ガラス中に書き込まれる、3 次元的な屈折率分布を有するようにしたものである。

【0008】〔2〕上記〔1〕記載の 3 次元的回折光学素子において、前記光学ガラスは、シリカガラスである。

〔3〕上記〔1〕記載の 3 次元的回折光学素子において、前記シリカガラスに水素ガスを含有させてなるものである。

〔4〕上記〔1〕記載の 3 次元的回折光学素子において、前記光学ガラスは、耐破損性のソーダガラスである。

【0009】〔5〕上記〔1〕記載の3次元的回折光学素子において、前記光学ガラスは、光学プラスチックである。

〔6〕上記〔5〕記載の3次元的回折光学素子において、前記光学プラスチックはアクリルである。

〔7〕3次元的回折光学素子の製造方法において、光学ガラスに、1ナノ秒から1フェムト秒のパルス幅を持つ、波長200nmから2000nmの超短パルスレーザー光を照射し、前記光学ガラスに前記超短パルスレーザー光の多光子吸収による永続的屈折率変化または光学損傷を生じさせ、前記光学ガラス中に書き込まれる、3次元的回折格子の屈折率分布を生成させるようにしたものである。

【0010】〔8〕上記〔7〕記載の3次元的回折光学素子の製造方法において、前記超短パルスレーザー光を走査により、前記光学ガラス中に書き込まれる、3次元的回折格子の屈折率分布を生成させるようにしたものである。

〔9〕上記〔7〕記載の3次元的回折光学素子の製造方法において、前記3次元的回折率分布が、ブラッグ回折格子である。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。本発明は、1ナノ乃至1フェムト秒のパルス幅を有し、波長200nm乃至2000nmの超短パルスレーザー光を、シリカガラス、ソーダガラス、アクリルなどの光学プラスチックなど、透明な光学ガラス中に集光し、多光子吸収により永続的屈折率の変化または光学損傷を発生させることにより、光学ガラス内にブラッグ回折格子などのような3次元的回折率分布を有する回折光学素子を作製するものである。

【0012】図1は本発明にかかる3次元的回折光学素子の製造方法を示す模式図である。この図において、1はバルクとしての光学ガラス、2はその光学ガラス中に書き込まれる、3次元的回折率分布としての3次元回折格子である。ここでは、1ナノ乃至1フェムト秒のパルス幅を有し、波長200nm乃至2000nmの超短パルスレーザー光11を集光レンズ12を介して光学ガラス1に照射し、この超短パルスレーザー光11の多光子吸収による永続的屈折率変化または光学損傷を利用して、光学ガラス1中に書き込まれる、3次元的回折率分布13を生成させる。なお、図1において、14はビーム（レンズ）のラスト走査を示している。

【0013】〔実施例1〕シリカガラス中に波長800nm、0.1ピコ秒、1ミリジュールの増幅されたチタンサファイヤレーザーパルスを集光し、集光点を走査することにより、縦横1mm、3ミクロン周期、奥行き約30ミクロンの規則的なブラッグ回折格子を作製した。

【0014】この実施例では、奥行き方向の走査は行わなかったが、奥行き方向に走査すれば、より厚みのある3次元回折格子の製作が可能になる。また、曲線的な走

査を行えば、レンズの機能を付加することも可能である。このようにして、作製された3次元的回折光学素子の3次元的回折格子2を、図2に示すように、He-Neレーザー光21で照射すると、体積型回折格子の特徴である非対称な回折現象を確認することができた。なお、図2において、22は回折光、23は非回折光である。

【0015】まだ、回折効率は低く、現在のところは数%であるが、レーザー光強度、書き込み条件、走査の方法の最適化により、100%の回折効率を達成することが原理的に可能である。このように、この実施例によれば、体積型回折格子の特徴である非対称な回折現象と高い回折効率を得ることができる。

【0016】現在のところは、回折効率は数%であるが、既に述べているように、多少の工夫によって、100%の回折効率を達成することが、可能である。なお、シリカガラス中に水素ガスを含有させることにより、超短レーザー光の書き込み感度の向上を図ることができる。

〔実施例2〕光学ガラスとして、耐破損性のソーダガラスの場合は、学術雑誌報告等においても、数ミクロン径のスポットを多数書き込む例が示されており、それへの適用も考えられる。

【0017】〔実施例3〕光学ガラスとして、アクリルなどの光学プラスチックの場合は、1970年代の学会報告においても、導波路と体積型回折格子の書き込みの例が示されており、それへの適用も考えられる。上記したように、この3次元的回折光学素子の製造方法によれば、3次元的回折率分布を創り出すことができ、この自由度により、例えば、計算機で設計された任意形状の3次元ブラッグ回折格子の作製が可能である。換言すれば、3次元の空間を用いる本発明の回折素子では、この自由度は、3次元空間そのものの自由度を持つ。その点、レンズの自由度は、表面の曲面、つまり、球面に限られる。

【0018】本発明の3次元的回折光学素子は、光学機器分野においては、一般的化学機器、結像装置（カメラ）や、光通信分野においては、光伝送交換装置、波長多重光通信装置、光計測分野においては、光学干渉計、生体光計測装置などの広い範囲の適用が可能である。また、本発明の3次元的回折光学素子とレンズとの組み合わせも考えられ、多くの用途が考えられる。例えば、従来のレンズの中に3次元回折格子を書き込むことも可能であり、例えば、写真レンズの合焦検出や測光に利用可能である。更に、2重焦点にすることもできる。

【0019】また、その利用法として、セキュリティ、暗号への応用が考えられる。例えば、小さなガラスの部分などに、3次元ホログラムで、ID（個人識別番号）などを書き込んでおくことが可能である。情報容量は大容量になるので、様々な応用が可能である。なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明

の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0020】

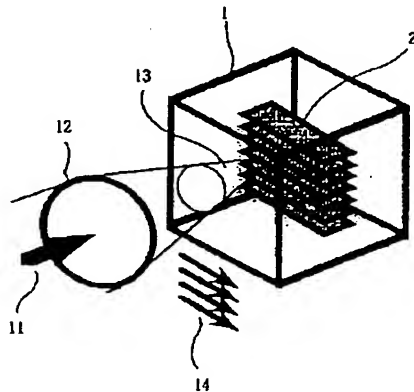
【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、次のような効果を奏することができる。

(A) 永続的な屈折率変化を3次元的に分布させ、高性能を有する回折光学素子を光学ガラス中に作製することができる。

【0021】(B) 3次元的な屈折率分布を創り出すことができ、この自由度により、例えば、計算機で設計された任意形状の3次元ブラッグ回折格子の作製が可能である。

(C) 堆積型回折格子の特徴である非対称な回折現象と高い回折効率を得ることができる。

【図1】



【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる3次元的回折光学素子の製造方法を示す模式図である。

【図2】本発明の実施例を示す3次元的回折光学素子の作用を示す模式図である。

【符号の説明】

- 1 バルクとしての光学ガラス
- 2 3次元的な屈折率分布としての3次元回折格子
- 11 超短パルスレーザー光
- 12 集光レンズ
- 13 3次元回折格子(3次元的な屈折率分布)
- 21 He-Neレーザー光
- 22 回折光
- 23 非回折光

【図2】

